ANÁLISIS DEL DESMONTAJE DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS. REDISEÑO DE UNA IMPRESORA DE INYECCIÓN DE TINTA

Collado Ruiz, D.[P], Bonilla Pulido, R., Viñoles Cebolla, R, Gómez Navarro, T., Capuz Rizo, S.

Departamento de Proyectos de Ingeniería.
Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n (46022) Valencia
Teléfono: 96 3877007 Ext: 75688 Fax: +34 96 3879869 Correo: dacolrui@dpi.upv.es

---

RESUMEN

La Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), aprobada el 27 de enero de 2003, establece la responsabilidad de los fabricantes de éstos sobre el tratamiento de los residuos de sus productos al final de su ciclo de vida.

Una de las conclusiones directas de esta Directiva es la aplicación de los conceptos de cautela, acción preventiva y corrección de daños en las empresas fabricantes. En el caso de los productos ofimáticos, esta directiva obliga a una valorización de un mínimo del 75% en peso, de los cuales el 65% ha de ser mediante reutilización o reciclado. Esto obliga a los fabricantes no sólo a plantear el retiro del aparato, sino también a considerar las técnicas de diseño para el reciclado, diseño para el desmontaje, etc.

Además, se crea un contexto industrial de interés para las empresas gestoras de residuos, que lleva a la necesidad de realizar estudios que permitan ajustar de manera considerable los tiempos de desensamblaje, los materiales empleados y las herramientas utilizadas en el proceso.

En esta ponencia se plantean herramientas de utilidad en el estudio del proceso de desmontaje de cualquier tipo de producto, incluyendo los eléctricos y electrónicos, aplicándose al desmontaje de una impresora de inyección de tinta. Como resultado de la investigación realizada se detallan los criterios para reducir el tiempo de desmontaje y conseguir los objetivos de la Directiva 2002/96/CE, y los puntos críticos sobre los cuales debe centrarse el rediseño y las propuestas de mejora para la impresora analizada.

Palabras clave: Residuos, Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Desmontaje, Fin de Vida

ABSTRACT

Directive 2002/96/CE on waste electrical and electronic equipment (WEEE), approved on January 27th of 2003, establishes the responsibility of manufacturers for their products end of life treatment.

One of this Directive's direct implications is the appliance of the concepts of caution, preventive action and damage correction in manufacturing companies. In the case of office automation equipment, this Directive imposes the recovery of at least 75% of the product's weight, including 65% which should be reused or recycled. This should induce the

manufacturers not only to consider product disposal, but also to take into account techniques of design for recycling, design for disassembly, etc.

Moreover, an interesting industrial context appears for those companies who will manage that waste, which leads to the need for studies that will allow a considerable optimization of the disassembly times, the materials included and the tools used throughout the whole process.

In this paper, several tools are proposed for the study of the disassembly process of whichever type of product, including electric and electronic, and then applied to the disassembly of an inkjet printer. As a result of the research, several criteria are presented to achieve the reduction of disassembly time, and thus fulfill the objectives of Directive 2002/96/CE. These main aspects should lead to the redesign and improvement of the analyzed printer.

Keywords: Waste, Electric and Electronic Equipment, Disassembly, End of Life

---

1 INTRODUCCIÓN

El interés prestado en Europa al problema del incremento de los residuos eléctricos y electrónicos ha crecido al menos tan rápidamente como éstos. Según estudios del *Grupo de Trabajo para los Residuos Eléctricos y Electrónicos de la Unión Europea*, los equipos informáticos constituirán, en un futuro próximo, el grueso de este tipo de residuos.

Con la finalidad de dar respuesta a dicho problema, en el seno del Parlamento Europeo fueron aprobadas dos Directivas que atañen directamente a la gestión de aparatos eléctricos y electrónicos, en especial al final de su ciclo de vida: la *Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos* [1] y la *Directiva 2002/95/CE sobre las restricciones en la utilización de determinadas sustancias peligrosas* [2].

La aplicación de las mismas va a conducir a una situación en la cual los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos en general, y los de productos ofimáticos en particular, deberán diseñar sus productos de acuerdo con una serie de criterios que permitan optimizar su desensamblado y valorización al final de su vida útil.

En este artículo se presenta, en primer lugar, un análisis del contexto legal referido a las impresoras en cuanto a aspectos ambientales, y a continuación se muestra un caso de estudio consistente en el desmontaje de una impresora de inyección de tinta de la marca Canon modelo BJC6000. Los resultados derivados de este estudio pueden servir de ayuda tanto para la optimización del desmontaje como para la mejora en el diseño de posteriores modelos.

2 MARCO LEGISLATIVO

2.1 Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

La *Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos* (RAEE) [1] aprobada por el Parlamento Europeo el 27 de enero del 2003, y traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el RD 208/2005 de 25 de febrero, [3] define en el *Artículo 1* sus objetivos como “prevenir la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

(RAEE) y, además la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de dichos residuos, a fin de reducir su eliminación. Asimismo, se pretende mejorar el comportamiento medioambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, por ejemplo, los productores, distribuidores y consumidores, y, en particular, de aquellos agentes directamente implicados en el tratamiento de los residuos derivados de esos aparatos".

Un punto importante que plantea la ley es la distribución de las responsabilidades, así como la puesta en funcionamiento de una compleja infraestructura orientada a permitir la revalorización de los residuos. La norma fija como fecha tope el 13 de Agosto de 2005 para que se encuentren en funcionamiento los sistemas que permitan la devolución por parte de los poseedores finales de sus productos desechados, así como de las instalaciones de procesado de éstos. La responsabilidad del retorno recaerá sobre los distribuidores.

El tratamiento de dichos residuos será responsabilidad de los productores o de terceros contratados por estos. De esta manera, el Estado miembro garantizará tanto que este gestor existe como que cumple con las condiciones adecuadas de tratamiento. Una vez al año, se realizará una inspección en la que se dará información sobre los tipos y cantidades de residuos tratados, los requisitos técnicos y las precauciones de seguridad que se emplearán.

El sistema será financiado por los productores, que serán responsables del pago de la fracción que emitan al mercado, repartiéndose proporcionalmente el impacto de los residuos históricos según la cuota de mercado de cada productor.

Una de las consecuencias de esta Directiva es la aplicación de los conceptos de cautela, acción preventiva y corrección de daños en las empresas fabricantes. En el caso de las impresoras[1], esta directiva obliga a una valorización de un mínimo del 75% en peso, y una reutilización o reciclado mínimos del 65% del total, así como a la incorporación de un icono específico que indique que son AEE (Aparatos Eléctricos y Electrónicos). Estos requisitos obligarán a los fabricantes a plantearse retos en cuanto el diseño enfocado al desmontaje y al reciclado.

2.2 Directiva 2002/96/CE sobre la restricción del uso de determinadas Sustancias Peligrosas

También es de interés la aprobación de la *Directiva sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos* (RuSP) [2], la cual plantea que todas las piezas exceptuando aquellas destinadas a su reparación o reutilización deberán estar libres de cualquiera de las siguientes sustancias:

- Plomo
- Mercurio
- Cadmio
- Cromo Hexavalente
- Polibromobifenilos (PPBB)
- Polibromodifeniléteres (PBDE)

[1] Producto incluido en el *Anexo I B* el concepto *Unidades de Impresión*, dentro del grupo *Equipos de Informática y Telecomunicaciones* de tipo más general del *Anexo I A.*

2.3 Norma UNE 71903 EX Impresoras. Criterios ecológicos

Por otro lado, se encuentra normativa de interés al respecto de las impresoras como es el caso de la norma experimental *UNE 71903 EX Impresoras. Criterios ecológicos* [4]. De manera general, esta norma define unos criterios o variables medioambientales para el diseño de este tipo de productos:

- Duración del equipo, incluyendo que los consumibles, fungibles y piezas estén disponibles para los consumidores.
- Diseño reciclable, evitando conexiones no separables, reduciendo del número de materiales, etc.
- Reducción del número de plásticos y requisitos de los mismos.
- Marcaje de plásticos según la Norma ISO 11469[2].
- Aceptación de los equipos usados después de su uso para ser reutilizados o para reciclar el material. El manual de usuario deberá contener información referida a ello.
- Consumo de energía mínimo mediante un sistema especial de ahorro de energía que se activará automáticamente.
- Consumibles y fungibles: Diseño reciclable de los mismos, aceptación de fungibles devueltos e información en el manual de usuario sobre la duración del fungible.
- Sustancias utilizadas en tóneres y tintas no peligrosas.
- Emisiones contaminantes de impresoras electrofotográficas: Niveles de emisión de polvo, ozono y estireno.

3 CASO DE ESTUDIO

Para un conocimiento tanto del producto estudiado como del mismo proceso de desmontaje, se decidió abordar el desensamblado de la impresora de inyección de tinta BJC6000. Este proceso se repitió en dos ocasiones, una para la toma de datos y otra para la comprobación de las propuestas que se efectuaron.

En el primer desmontaje se debieron tantear todas las posibilidades, con lo que fue necesario un **planteamiento** inicial del problema. Se debió por tanto obtener diversa información sobre cada pieza:

- *Número*: Se dispone de una ordenación lógica de las piezas según su orden de desmontaje, para posteriormente poder hacer referencia a éstas.
- *Nombre*: La pieza ha de ser nombrada para que se pueda conocer su función o forma.
- *Tiempo de desmontaje*: A la hora de realizar gráficas de desmontaje, es de gran importancia el tiempo que se ha de invertir en la recuperación de cada una de las piezas.
- *Materiales*: Se ha de anotar tanto el material del que está fabricada la pieza como si dicho material se encuentra indicado mediante algún tipo de marcado.
- *Peso*: La mayoría de materiales se valorizan de manera relativa a esta magnitud.
- *Uniones*: Se deberá registrar la forma en la que la pieza está unida a sus sujeciones: tornillos, anclajes, soldadura, etc.
- *Observaciones.*

[2] Norma ISO 11469. Plásticos. Identificación Genérica y Marcado de Productos Plásticos.

Posteriormente, se planteó un **estudio de materiales**, analizando y cuantificando las cantidades y porcentajes de cada uno de éstos a fin de poder estimar la influencia sobre el impacto ambiental que suponen, como se presenta en la fig. 1. Se puede observar que el acero (31%) y el ABS (29%) representan la mayor parte del peso a valorizar en la impresora, y que junto con los submontajes (motores, fuente de alimentación, etc.) representan un 73% del peso total de la impresora.

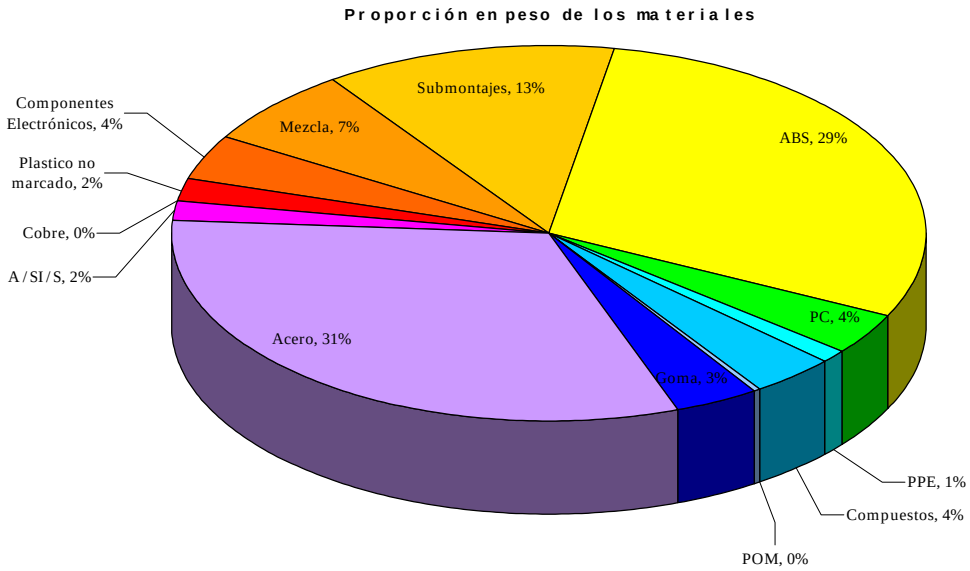

Fig. 1 – Proporción de materiales en la impresora BJC6000

A esta fase le acompañó un estudio de las alternativas de valorización de cada una de las piezas, planteándose diferentes escenarios para éstas y traduciéndose los pesos a valores económicos [5, 6, 7, 8]. Se dispuso en este punto las piezas reutilizables, las reciclables en el contexto estudiado y las que deben ser incineradas para conseguir su valorización energética.

A continuación, se llevó a cabo un **estudio de la reciclabilidad**, para el cual se utilizó el método propuesto por el Georgia Institute of Technology [9]. En este documento se plantea la valoración del producto mediante dos indicadores: el *ratio de reciclabilidad* como medida de las posibilidades técnicas del material, y el *ratio de separabilidad* como indicador de la dificultad del desmontaje.

A partir del peso de las piezas que son tanto reciclables como separables y el peso total, se obtiene un valor que representa el porcentaje de material que puede ser reciclado en el producto. En el caso estudiado, dicho porcentaje supuso un 72,85% del total, con lo que la Directiva podría ser aplicable (supera el 65%).

A continuación, y con la información obtenida hasta el momento, se aborda el **estudio del proceso de desensamblado**. Se plantea el análisis de los datos mediante una gráfica del tipo peso-tiempo [10, 11, 12].

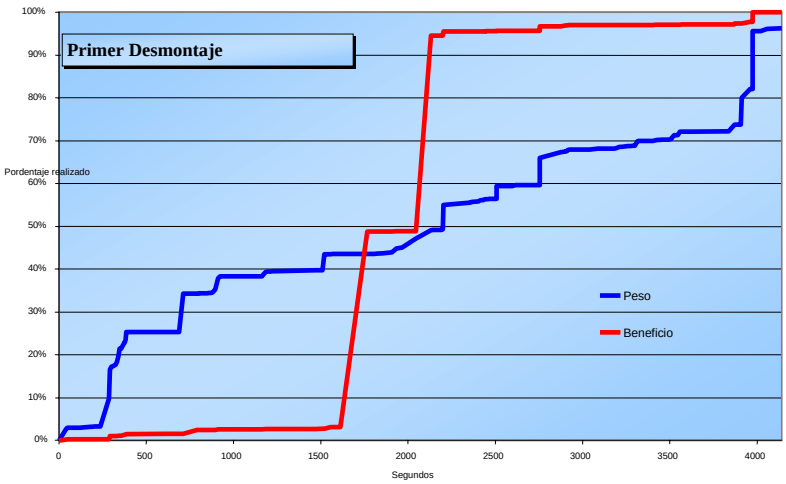

Fig. 2 - Gráfica Peso-Tiempo del desmontaje inicial de la impresora BJC6000

En la gráfica se ha representado los valores del peso desmontado en cada fase en color azul, con su avance a lo largo del tiempo, y además se ha incluido, en color rojo, el valor económico de dicha fracción. De esta manera, las fases destacadas tanto por tener una alta eficiencia económica como en peso, o por carecer de esta, pueden ser localizadas.

Dado que el orden seguido en este primer experimento consistió en el desmontaje de cada pieza hasta que fuese imposible continuar, se consiguió una ordenación sistemática muy alejada de la considerada óptima.

Dicho óptimo sería aquel que priorizara las piezas que supusiesen el mayor peso – o beneficio, según el tipo de estudio que se realice – dejando al final las piezas que menos aportan. De esta manera, la gráfica tenderá a la forma de una exponencial (ver fig. 3), a fin de que, para un peso dado de desmontaje mínimo, se minimice también el tiempo invertido.

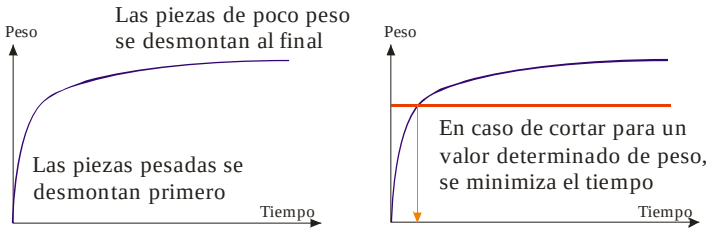
Peso
Las piezas de poco peso se desmontan al final
Las piezas pesadas se desmontan primero
Tiempo
Peso
En caso de cortar para un valor determinado de peso, se minimiza el tiempo
Tiempo

Fig. 3 - Justificación de la máxima convexidad

Esto permite una **localización de las piezas críticas** en cuanto a los dos criterios comentados (peso y valor de recuperación). Además, deben seleccionarse como críticas también las piezas de materiales peligrosos, por razones de seguridad y legislación.

De esta manera, es posible plantear una **propuesta de desmontaje óptimo** en base a la información obtenida en los puntos anteriores, con la que se llegará a un segundo desmontaje. Para presentar la conveniencia de éste, ha de estudiarse también la gráfica peso-tiempo junto con beneficio-tiempo. Además se analizará la viabilidad del proceso, con los costes de separación implicados, para ver hasta qué punto se deberá invertir recursos o se rentabilizará el proceso con la reutilización y reciclado de los materiales.

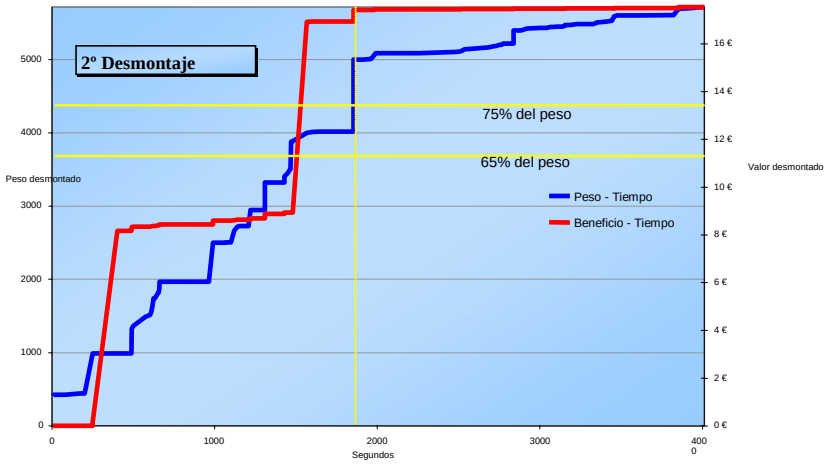

Fig. 4 - Gráfica Peso-Tiempo del desmontaje optimizado

Como se puede observar en la fig. 4, en el desmontaje propuesto permite alcanzar el objetivo señalado: obtener la mayor parte del peso del producto al principio, así como la mayor parte del beneficio económico obtenible. No se pretendía un desmontaje completo, sino llevar dicho desmontaje hasta el punto que obliga la ley en el caso del peso, o el óptimo en el caso del beneficio, sea cual fuere el caso más restrictivo. En todo caso, uno de los objetivos del diseño será el acercamiento de ambos niveles.

La gráfica presentada destaca por su utilidad en la toma de decisiones de este tipo en lo que a la valorización final respecta. Puede observarse que los resultados del análisis son favorables, con una valorización del 87,84% en peso, y del 99,36% del valor económico recuperable de la impresora, en un tiempo de 1853 segundos (30 minutos con 53 segundos), lo cual supone un 46,2% del tiempo inicial de desensamblaje.

4 RESULTADOS

Del estudio presentado se extraen como resultado una serie de premisas básicas que, aún no pretendiendo ser exhaustivas, buscan ser una guía a los criterios de cada especialista en su caso de estudio, agilizando el proceso de selección de las piezas a revalorizar.

- Los componentes eléctricos o electrónicos **reutilizables** tendrán especial prioridad en su desmontaje, debido al fuerte impacto económico que representan.
- Los componentes eléctricos y electrónicos deberán ser reutilizados en la medida de lo posible, evitándose que existan piezas de excesiva e innecesaria especificidad, como es el caso de la fuente de alimentación.
- Las **piezas metálicas** presentan una gran importancia debido tanto a su peso como al valor económico que llevan asociadas (en los modelos de impresora estudiados[3] sería la estructura y ciertos ejes o guías cilíndricas). Es por ello por lo que generalmente su extracción suele ser una de las más prioritarias, aún considerando el esfuerzo que requiere desmantelar la mayor parte de las piezas de la impresora.
- Las piezas de **plástico** se deberán seleccionar mediante el criterio de su **peso**. Así, las piezas grandes de la carcasa, que combinan una extracción rápida con un elevado peso,

[3] Además de la impresora BJC6000 comentada en el caso de estudio, se analizó la estructura y la topología de las piezas de una impresora **HP - Deskjet 540** y de una **Epson Stylus Color 600**.

se presentan muy favorables para el reciclado, mientras que las piezas que presentan una estructura interna compleja – engranajes, sistemas mecánicos de transmisión, etc. – deberán ser evitadas.
- Para las impresoras de inyección de tinta se requerirá un **lavado de las piezas** para la eliminación de la tinta que las contamina, dado que en todos los casos estudiados existía una cantidad considerable de ésta en la gran mayoría de las piezas.
- Las uniones **pegadas** serán desestimadas para el reciclado, salvo que la superficie de pegado suponga un porcentaje bajo en comparación con el tamaño total de la pieza.

Es importante recordar que uno de los objetivos del estudio realizado basa su fundamento en la búsqueda de directrices de diseño que permitan disminuir el impacto de final de vida de los productos eléctricos y electrónicos, de manera que se buscará extraer de la experiencia expuesta una serie de pautas enfocadas a un diseño orientado a la revalorización en general.

Así, respecto a los estudios de reciclabilidad y desmontaje, se pueden compilar las siguientes directrices:

- Disminuir el número de **etapas intermedias** para la obtención de las piezas pesadas.
- Disminuir la cantidad de **materiales** distintos.
- Priorizar los **tipos de unión** que implican un menor tiempo de desmontaje [13].
- Evitar las uniones **pegadas.**
- Evitar las **piezas pequeñas**, las cuales provocan un bajo rendimiento peso-tiempo en su desmontaje.
- Evitar que las piezas sean de **diversos materiales.**
- Evitar que haya **tinta** en las piezas (y contaminación en general).
- Diseñar piezas **modulares,** pero no de excesiva **especificidad**, de manera que no se reduzca el mercado de la pieza reutilizada.
- Evitar la actualmente difícil extracción de las **piezas metálicas**.
- En general, facilitar el desmontaje del producto.

Desde un punto de vista no exclusivamente ambiental, sino también económico, es importante optimizar los mecanismos de **reutilización** de componentes. Una alternativa de aplicación de esto pasa por una recogida activa de los residuos por parte de la empresa para su valorización dentro de la misma. Así, los motores, las fuentes de alimentación, los tornillos y los muelles pueden ser reutilizados mientras se estandaricen las uniones, a fin de que los componentes antiguos puedan ser introducidos en nuevos productos.

Además, se plantea la posibilidad de reutilización de los elementos de transmisión, en caso de que el rediseño no lleve consigo grandes cambios, así como los accesorios de embalaje o del cableado. Especial mención merece el cableado de alimentación, el cual, por ser estándar, puede ser reutilizado con especial facilidad en caso de encontrarse en buen estado, y el de comunicación con puertos paralelos[4] de PC.

Cabe añadir, a estas conclusiones, las habitualmente consideradas en el diseño para el reciclaje (*Design for Recycling*, *DfRc*), en el diseño para el desmontaje (*Design for Disassembly*, *DfD*) y en el diseño para la refabricabilidad (*Design for Remanufacturability*, *DfRm*).

[4] En el caso de impresoras más recientes, el estándar utilizado puede ser también el de los puertos USB (*Universal Serial Bus*)

5 CONCLUSIONES. PROPUESTAS DE MEJORA.

En este punto, se partirá de las propuestas del apartado anterior para elaborar una serie de conceptos de diseño.

Por un lado, se podrían **minimizar las uniones con la estructura**, uniendo a los componentes entre si de manera que se minimicen las operaciones de desmontaje de éstos. Además, se podrían sustituir las uniones de difícil separación por otras más simples, como las de tipo pestaña o las atornilladas frente a las de fricción o las pegadas.

Además, sería posible unir las piezas que vayan a ser separadas a una **pseudo-estructura** para evitar que el desmontaje de la estructura metálica consuma tanto tiempo. Con esto, se conseguiría un desmontaje de la estructura en pocos pasos, con lo que se llegaría al desmontaje óptimo en un tiempo más reducido.

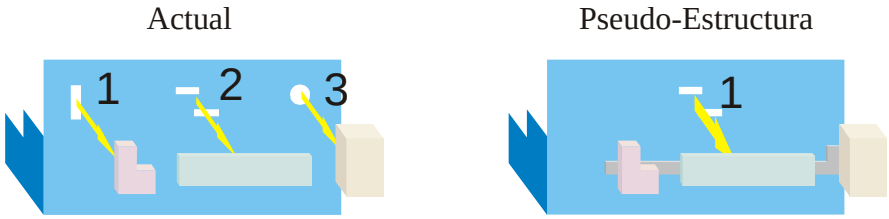

Fig. 5 - Concepto de Pseudo-Estructuras

La forma de implementar esto en el modelo de impresora analizado sería mediante la unificación de las piezas que aparecen en la fig. 6 (el sensor frontal con la rueda de apoyo de la correa y la comunicación frontal-trasera y un tope de plástico por un lado, y la tapa del circuito impreso junto con los clips de sujeción de cables, el cableado y otro tope de plástico).

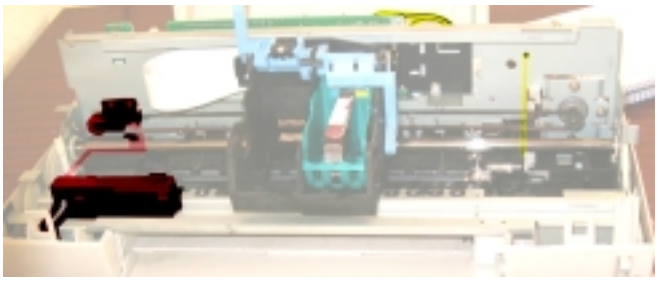

Fig. 6 - Pseudo-Estructuras implementadas en el rediseño

La primera pseudos-estructura – representada en rojo en la figura – sería de extracción frontal mediante guías y dos tornillos, mientras que la segunda – de color amarillo en la figura – sería de extracción trasera.

Se buscaría también optimizar el desmontaje unificando grupos de piezas de desmontaje progresivo. Dado que es necesario desmontar una de ellas, se debería buscar que ésta conlleve el desmontaje de las demás también. Con esto, no sólo se aligeraría el proceso de desmontaje, sino que se aumentaría la **modularidad** del producto, de cara a un futuro sistema de reutilización o mantenimiento.

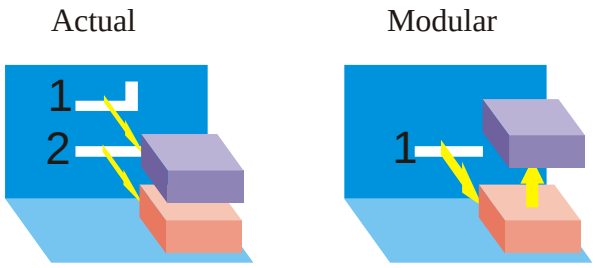

Fig. 7 - Concepto de modularidad en el desmontaje

Para esto, se unificarían las piezas mostradas en la fig. 8. Por un lado se crearía un grupo con las piezas de refuerzo frontal, refuerzo de rodillos superiores y bandejas internas de entrada y salida – mostrado en rojo en la figura – separable por extracción frontal, una guía y dos tornillos, y las piezas del expulsor de tinta, el sensor de posición de la bandeja, el sistema engranaje y el extremo del rodillo del lado correspondiente – mostrados en amarillo en la figura – unido a la estructuras mediante fijaciones de tipo pestaña. Iría unido a la base y no a la estructura metálica, a fin de facilitar la separación de las piezas metálicas, en las cuales se percibe un elevado valor tanto económico como en peso.

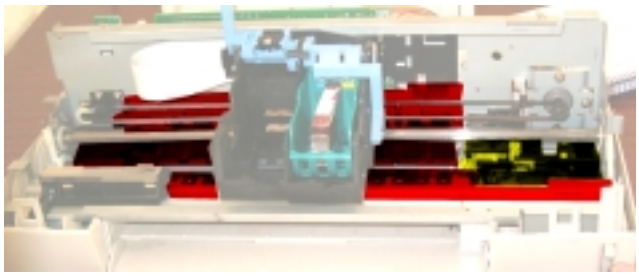
Fig. 8 - Elementos modulares propuestos

Como iteración adicional, cabría plantearse la inclusión de la pseudo-estructura anterior con estos módulos, ya que dada su extracción, se muestran plenamente compatibles. De esta manera, la primera pseudo-estructura iría con el primer módulo, y los segundos podrían ir unidos entre sí y a la estructura mediante una unión de tipo tornillo.

Para facilitar la **pureza** de las piezas, se evitarían aditivos en los plásticos de la carcasa. Además, en las piezas relativamente complejas, como es la bandeja superior, se eliminarían las piezas de elementos no plásticos, de manera que no haga falta el desmontaje para su valorización.

Se debería proveer al producto de un sistema de **aislamiento de la tinta**, de manera que en el desmontaje esta no se encuentre dispersa por todo el producto, sino por elementos concretos. De todas formas, se deberían eliminar las rugosidades a fin de facilitar el lavado. En última instancia, se podría incorporar una lámina de polietileno alrededor de las piezas destinadas a estar en contacto con la tinta, de manera que se pudiese valorizar la pieza y descartar la lámina.

Por último, cabe destacar el interés de cambiar los tipos de unión actuales por otros de mayor facilidad de desensamblaje. Se debería optar a ser posible por uniones de tipo pestaña, o bien mediante tornillos y deslizaderas.

Con esto, se tendrían planteadas las ideas que llevarán a un desmontaje más rápido – y por tanto más rentable – del producto. Este desmontaje consistiría en los siguientes pasos[5]:

- Desmontaje de la fuente de alimentación.
- Desmontaje del soporte del puerto paralelo.
- Desmontaje del montaje superior (íntegramente realizado en ABS, salvo los terminales y el diodo LED, que serán separados convenientemente (y en una única operación).
- Desmontaje de la base, mediante uniones de tipo pestaña con indicadores visuales.
- Desmontaje del soporte para papel.
- Desmontaje del módulo (con pseudo-estructura) segundo, con extracción del módulo por debajo y de la pseudo-estructura por detrás.
- Desmontaje del motor del carro de cartuchos.
- Desmontaje de la placa base.
- Desmontaje del carro de cartuchos, con la guía.
- Desmontaje del módulo primero, por la parte superior, unido mediante tornillos.
- Desmontaje de los piñones con el motor de avance, y por tanto de los ejes.
- Liberación de la estructura.

Además, se incluirían en el diseño los elementos reutilizados del anterior modelo en cuanto a fuente de alimentación, motores, tornillos y elementos de unión que no hayan sido eliminados en el nuevo diseño, muelles y cables. Especial atención merece el cable de alimentación general de conexión a la red eléctrica.

Por otro lado, cabe comentar que la placa base podría diseñarse para pasar a ser un elemento reutilizable en posteriores diseños, así como posiblemente elementos de la estructura. De esta manera, en futuros rediseños se podría incorporar material de las impresoras desensambladas y realimentar el ciclo con piezas reutilizadas.

De lo expuesto en este artículo se ha podido observar que la impresora analizada no sólo permite un rediseño, sino que éste es recomendable a fin de reducir el impacto de fin de vida del producto y los costes de desensamblado. Si bien el cumplimiento de la Directiva 2002/96/CE ya era posible, con el rediseño propuesto el proceso de valorización al final de la vida útil pasa a ser más viable desde un punto de vista económico.

Cabe indicar que la impresora analizada, modelo BJC6000 de Canon, no es un modelo actual de impresora, ya que fue seleccionada por encontrarse en fase de retiro. Tras revisar modelos más recientes de esta misma marca, se ha podido comprobar que incorpora algunas mejoras similares a las propuestas.

6 REFERENCIAS

[1] Parlamento Europeo; “Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos”. Bruselas (Bélgica): Diario Oficial de la Unión Europea, 2003.

[2] Parlamento Europeo; “Directiva 2002/95/CE sobre la Restricción del uso de determinadas Sustancias Peligrosas”. Bruselas (Bélgica): Diario Oficial de la Unión Europea, 2003.

[5] Cuando no se indique nada, se supondrá que el proceso de desmontaje de la impresora es análogo al actual.

[3] Ministerio de Medio Ambiente; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; “Real Decreto 208/2005 de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos”. Madrid (España): Boletín Oficial del Estado, 2005

[4] AENOR; “UNE 71903 EX Impresoras. Criterios ecológicos”, 1999.

[5] Caldeiro, A.; “Tecnología para el Reciclado de los Plásticos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos”. En: Actas del I Congreso Ibérico sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Madrid (España): ISR, 2004.

[6] Matthews, H.S.; et al.; “Disposition and End-of-Life Options for Personal Computers”. En: Carnegie Mellon University Green Design Initiative. Pittsburgh (EE.UU.), 1997. Technical Report #97-10.

[7] APC (American Plastics Council); [en línea] “A Design Guide for Information and Technology Equipment”. Disponible en web:

http://www.accnewsmedia.com/docs/1900/1836.pdf [Consulta 10 de septiembre de 2004].

[8] Ishii, K.; “Material Selection Issues in Design for Recyclability”, En: The Second EcoBalance Conference. Tsukuba (Japón), 1996.

[9] Coulter, S.L.; et al.; “Designing for Material Separation: Lessons from Automotive Recycling”, En: Proceedings 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference, Irvine (EEUU), ASME 1996. 96-DETC/DFM-1270.

[10] Campbell, M.I.; Hassan, A.; “Design Evaluation Method for the Disassembly of Electronic Equipment”. En: 14th International Conference on Engineering Design. Estocolmo (Suecia): ICED, 2003.

[11] Gries, B.; Blessing, L.; “Towards a Disassembly Process-Oriented Design of Sustainable Products”. En: 14th Int. Conference on Engineering Design. Estocolmo (Suecia): ICED, 2003.

[12] Mario, F.; et al.; “Design for Assembly and Design for Disassembly: Two Ways for the Development of Sustainable Products”. En: 14th International Conference on Engineering Design. Estocolmo (Suecia): ICED, 2003.

[13] Verein Deutscher Ingenieure; “Konstruieren Recyclinggerechter Technischer Produkte” (Diseño de Productos Técnicos para simplificar su Reciclaje). Berlín (Alemania): VDI-Gesellshaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 1993. VDI 2243.

[14] Capuz, S.; Gómez, T. (Eds); “Ecodiseño. Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles”. Valencia (España): Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 2002. ISBN: 84-9705-191-2.

[15] IHOBE S.A.; “Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos”. Bilbao (España): IHOBE S.A., 2000. Depósito legal BI-2644-00.

AGRADECIMIENTOS

La presente comunicación se enmarca dentro del proyecto de investigación "*Aplicación del Ecodiseño para el desarrollo de juguetes eléctricos y/o electrónicos, a través del Análisis del Ciclo de Vida, la Ingeniería de Valor y el Diseño para el Desmontaje y el Reciclaje*", financiado por el Programa de Incentivo a la Investigación (PPI-05-04), y del programa de becas de formación de personal investigador (CANTERA), ambos de la Universidad Politécnica de Valencia.